



Рис. 2 Влияние индукции МП на время магнитной памяти нативной нефти

Величина «магнитной памяти» нефти увеличивается с ростом индукции магнитного поля. На рис. 2 приведен график, отражающий нелинейный рост магнитной памяти нефти в зависимости от величины индукции магнитного поля.

Механизм магнитной активации заключается в том, что МП управляет спиновой динамикой свободных радикальных пар парамагнитных асфальтенов и смол, при которой МП снимает запрет по спину на выполнение химических и физических процессов в ядре ССЕ. Это ведет к более интенсивному запуску рекомбинации и генерации радикальных пар из триплетного в синглетное состояние, запрещенных в условиях отсутствия магнитного поля.

Постагрегация асфальтенов в нефтях приводит к понижению величины удельной поверхности адсорбционных центров, на которых происходит рост твердой фазы парафинов, понижению температуры насыщения нефти парафином и выделению достаточно большой энергии, увеличивающей энтропию молекул за счет

броуновского движения, что в комплексе блокирует структурный рост кристаллов твердых парафинов и их адгезию на поверхность подземного оборудования.

Литература

1. Аппараты для магнитной обработки жидкостей / Н.Н. Инюшин, Е.И. Ишемгужин, Л.Е. Каштанова, А.Б.Лаптев и др. – Уфа: Реактив, 2000. – 147 с.
2. Злобин А.А. Экспериментальные исследования процессов агрегации и самосборки наночастиц в нефтяных дисперсных системах // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтепромысловое и горное дело. – 2015. – №15. – С.57–72. DOI:10.15593/2224-9923/2015.15.7.
3. Классен В. И. Омагничивание водных систем. – М.: Химия, – 1978. – 180 с.
4. Моргунов Р.Б., Бучаченко А.Л. Магнитопластичность и магнитная память в диамагнитных твердых телах / Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2009. – Т. 136. – Вып. 3(9). – С. 505–515. PACS: 61.72.J-, 61.72.S-, 62.20.F-, 82.33.Fg.
5. Спиридонов Р.В., Демахин С.А., Кивокурцев А.Ю. Магнитная обработка жидкостей в нефтедобыче. – Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж». 2003. – 136 с.
6. Шаммазов А.М., Хайдаров Ф.Р., Шайдаков В.В. Физико-химическое воздействие на перекачиваемые жидкости. – Уфа, 2003.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ ТРАССЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Т.В. Бондаренко

Научный руководитель - старший преподаватель Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время нефтегазодобывающая отрасль занимается разработкой большого количества высокопродуктивных нефтяных и газовых месторождений, находящихся на завершающих стадиях разработки. Это приводит к большому количеству трудностей, связанных с ростом значений обводненности, количества трудноизвлекаемых запасов, контролем системы заводнения. При их решении широко применяются трассерные исследования, проведение которых позволяет эффективнее разрабатывать месторождения и точнее подбирать геолого-технические мероприятия. Поэтому необходимо учитывать условия применения трассеров, критерии, предъявляемые к ним, и разрабатывать более совершенные трассеры для повышения точности измерений.

Трассерные исследования – это процесс закачки агента в нагнетательную скважину, повременного (по заданной программе) отбора проб из добывающих скважин с последующим анализом полученных проб на наличие индикатора и дальнейшей интерпретации данных, чтобы выбрать наиболее эффективный комплекс мероприятий по контролю процесса разработки.

История широкого применения трассеров в нефтегазовой отрасли России датируется концом 50-х началом 60-х годов. В 1963 году на конференции общества инженеров-нефтяников со своей работой выступил К.В. Bischoff. Были подробно описаны основы передвижения трассера в двухфазном потоке, обоснованные классическими законами гидромеханики в представлении фильтрации индикатора. В 70-е годы советским учёным из различных научно-исследовательских и производственных институтов удалось реализовать технологию изучения фильтрационной неоднородности нефтяного пласта с использованием тритиевого трассера, который широко применялся вплоть до середины 80-ых годов, поскольку он характеризуется строгим перемещением с нагнетаемой

жидкостью, практически не впитывается горными породами, по сравнению с другими трассерами он являлся более пригодным (на то время). Однако тритий является радиоактивным изотопом, поэтому параллельно специалисты искали трассеры без излучения. Стали применяться высокодисперсные суспензии ярко флуоресцирующих материалов (флуоресцеин, уранин, родонит), которые обладали нерастворимостью в исследуемой среде, нетоксичностью, стойкостью к воздействию различных физико-, химико-, биологических факторов, наблюдаемых в пластах. На данный момент используют следующие классы трассеров: флуоресцентные (уранин А, родамин С и др.), ионные (карбамид, калиевая селитра и др.), органические (спирты, органические кислоты) [3].

Индикаторные исследования дают возможность:

- определять локализацию продуктивных зон для первостепенного разбуривания;
- усовершенствовать работу фонда поддержания пластового давления с целью уравнивания напряженного техногенного трещинообразования;
- выявлять фрагментарно заблокированные призабойные зоны пласта, обладающие асфальтосмолопарафиновыми отложениями и устойчивыми эмульсиями;
- оценивать наиболее точные линии фильтрации и коэффициент нефтевытеснения, опираясь на ориентации керна.

Вещество, нагнетаемое для изучения циркуляции жидкости в нефтяном пласте, требует наличия следующих признаков [1]:

1. Растворимость в воде, но не в нефти для исключения потери трассера при анализе;
 2. Должно поддерживать физико-химические особенности в пластовых условиях. Для радиоактивных трассеров необходимо наличие достаточного периода распада для обеспечения полного комплекса исследовательских работ;
 3. Наличие в пластовых жидкостях недопустимо;
 4. Вещество должно перемещаться совместно с агентом, не нарушая природные каналы тока;
 5. Вещества должны обладать высокой точностью и скоростью обнаружения. Регистрация должна производиться непрерывно и автоматически непосредственно в стволе или на устье скважины;
 6. Должны представлять безопасность для персонала и окружающей среды;
 7. Иметь стоимость, обеспечивающую экономическую эффективность индикаторных исследований.
- Из-за невозможности соответствия всем критериям, в практике применяются те вещества, которые обладают основными необходимыми признаками.

В настоящее время все известные трассеры можно классифицировать на следующие категории [4]:

- механические взвеси;
- растворы электролитов (соединения К, Na и т.д.);
- растворы красителей (флуоресцеин, эозин и т.д.);
- естественные и искусственные радиоактивные элементы;
- химические соединения.

Первый тип трассеров рекомендуется использовать при прослеживании движения вод с открытой поверхностью или при отслеживании вод, проходящих через высокопористую и высокопроницаемую породу.

Использование растворов электролитов имеет место только в пресной воде.

Использование красителей, несмотря на отсутствия аналогов в природе и обладание высокой чувствительностью регистрации, не могут применяться в виде трассеров, так как применение их характеризуется растворимостью только в щелочной среде и сильной сорбцией на поверхности горных пород.

Большое количество исследований были проведены с использованием в качестве трассера роданистого аммония, адсорбция которого сильно зависит от глинистости коллектора.

Из радиоактивных индикаторов практическое применение нашел только тритий в виде тритиевой воды, которая является идеальным вариантом для проведения трассерных исследований. Однако вследствие пагубного влияния на окружающую среду и большого периода полураспада (12,3 года) применение трития потеряло свою актуальность.

В последние годы в качестве трассеров стали применять азотистые соединения – нитраты (аммиачная селитра NH_4NO_3) и карбиды (мочевина H_2NCONH_2 и тиомочевина H_2NSCNH_2). Они отличаются высокой устойчивостью в пластовых условиях, простотой регистрации и низкой стоимостью. Отрицательными свойствами обладают лишь нитраты, реагирующие с солями кальция, что невозможно использовать в карбонатных отложениях. Широкое применение нитратов и карбидов в качестве удобрения позволило повысить их концентрацию в пластовой воде, именно поэтому на данный момент их использование целесообразно при проведении трассерных исследований [4].

Масса закачиваемого трассера определяется в зависимости от чувствительности измерительного прибора, адсорбции на компонентах пластовой системы, степени разбавления в пласте и на стенках ствола добывающих скважин. Основное снижение концентрации трассера происходит ввиду движения по пласту между нагнетательной и добывающей скважинами, поэтому его фактическое разбавление зависит, в основном, от объема трассируемого коллектора. Массовое количество индикатора определяется по формуле [2]:

$$M_0 = 12.56mK_B h \sqrt{LA} \cdot C_{\min} (1), \text{ где}$$

m – пористость, д.ед.;

K_B – коэффициент вытеснения нефти водой, д.ед.;

h – средняя толщина пласта в зоне исследований, м;

L – промежуток от нагнетательной до самой удаленной контрольной скважины, м;

A – константа, описывающая интенсивность разбавления меченой жидкости при ее перемещении в горных породах (в расчетах принимается равной 0,02 м), м;

C_{\min} – чувствительность прибора (минимальная концентрация трассера в воде, которая четко фиксируется применяемым методом регистрации и аппаратурой), кг/м³.

Стоит отметить, что оценка массы индикатора по формуле (1) не позволяет в полной мере учесть разбавление трассера в пласте. Более точную оценку массы трассера рекомендуется вычислять по формуле, предложенной Курочкиным В.И. и Санниковым В.А. [2]:

$$M_0 = 8mhL^2 \cdot C_{\min} \quad (2)$$

Современные трассерные исследования в практике недропользователей являются одним из эффективных гидродинамических методов контроля разработки нефтяных месторождений. Активно используется применение комплексной технологии трассерных исследований, которая характеризуется высокой помехоустойчивостью, точностью, безопасностью. Современные трассеры являются высокодисперсными ярко флюоресцирующими суспензиями, которые не растворяются в наблюдаемой среде, нетоксичны, обладают устойчивостью к появлению различных агрессивных факторов, возникающих в пласте, и могут быть обнаружены в любых средах [3]. Восприимчивость комплексного трассерного метода не хуже, чем метод радиоизотопов. В ходе одного исследования можно закачивать несколько (до 7) различающихся по цвету трассеров, это позволяет расширить масштаб возможностей метода, а также экономить время и средства. В качестве примера можно привести компанию ОАО «СК Черногорнефтеотдача», которая занимается проведением трассерных исследований при решении поставленных заказчиком задач. Такие исследования были проведены, (до и после геолого-технических мероприятий), на Самотлорском месторождении, которые показали, что прерогативное движение трассера напрямую сопряжено с дизъюнктивными нарушениями, тем самым, было уточнено геологическое строение в данном районе. Специалисты компании пришли к выводу, что создание избыточных перепадов давления при разработке залежей, а также наличие и формирование глубоки депрессий приводит к размыву слабосцементированных и рыхлых пород, и выносу их из пласта, что приводит к значительному росту объема каналов с низким фильтрационным сопротивлением [3].

Дальнейшее усовершенствование методики проведения трассерных исследований приведет к их широкому распространению, что позволит наиболее эффективно проводить поисковые и разведочные работы и регулировать процесс разработки нефтяных месторождений.

Литература

1. Данилова Е.А., Чернокожев Д.А. Применение компьютерной технологии экспресс-анализа и интерпретации результатов трассерных исследований для определения качества выработки нефтяных пластов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ogbus.ru/authors/Danilova/Danilova_1.pdf, свободный.
2. Методическое руководство по приемке, анализу и систематизации результатов трассерных исследований в организациях Группы «ЛУКОЙЛ». Редакция 1.0 – М., ОАО «ЛУКОЙЛ», 2012г.
3. Совершенствование технологии индикаторных исследований для оценки фильтрационной неоднородности межскважинного пространства нефтяных пластов: диссертация / Д.А. Чернокожев. – Дубна, 2008. – 29 с.
4. Технологии разработки многопластовых месторождений с разрывными нарушениями: монография /Н.Р. Кривова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 96 с.

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ ТРАССЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Т.В. Бондаренко

Научный руководитель - старший преподаватель Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Основной целью недропользователей является повышение точности выработки нефтяных пластов и увеличение количества извлекаемой продукции. Из-за широкоиспользуемой технологии заводнения подвергается нарушению гидрогеологическое состояние пласта, образуются каналы с аномально низким фильтрационным сопротивлением, что является причиной неполной выработки объекта разработки. Преодолеть сложившиеся трудности можно посредством получения и интерпретации точной информации о перемещении пластовых флюидов во времени и пространстве, о состоянии гидродинамических связей, информации о скоростях и направлении движения пластовой жидкости. Решение данной проблемы осуществляется с помощью трассерных методов.

Результаты проведенных исследований позволяют провести анализ данных скоростей движения и выноса трассера из добывающих скважин, оценить гидродинамическую связь между нагнетательными и добывающими скважинами, построение и анализ карт распределения и путей перемещения индикатора к добывающим скважинам и карт воздействия нагнетательных скважин на добывающие [3].

Проведение трассерных исследований делится на несколько этапов [5]:

1. Сбор и анализ информации объекта, подбор контрольных нагнетательных и добывающих скважин;
2. Подготовка к промысловой части. Выбор трассера, обоснование объемов закачки и периодичности отбора проб. Закачка трассера;
3. Отбор проб жидкости с дальнейшими лабораторными исследованиями. Интерпретация полученных результатов.